FLÄCHENKYMOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN AM LINKEN HERZRAND MIT BERÜCKSICHTIGUNG DES BELASTUNGSKYMOGRAMMS.

Eine Auswertung von 174 Flächenkymogrammen mit den wichtigsten Erkenntnissen der Flächenkymographie nach Stumpf und ein Vergleich mit Ergebnissen aus der Spiroergographie und der Elektrocardiographie.

Fritz Fäßler

1960

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546010_0041

AUS DEM INSTITUT FÜR DIE PROPHYLAXE DER KREISLAUFKRANKHEITEN
(August-Lenz-Stiftung) BEI DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Direktor: Professor Dr. med. G. SCHIMERT

FLÄCHENKYMOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN AM LINKEN HERZRAND MIT BERÜCKSICHTIGUNG DES BELASTUNGSKYMOGRAMMS.

Eine Auswertung von 174 Flächenkymogrammen mit den wichtigsten Erkenntnissen der Flächenkymographie nach Stumpf und ein Vergleich mit Ergebnissen aus der Spiroergographie und der Elektrocardiographie.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Fritz F ä ß l e r

aus Schweineberg bei Sonthofen

München 1968

LEIDIG-Druck, 8 München-2, Dachauerstr. 46/I, Tel. 592124

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Professor Dr. med. G. SCHIMERT
Dekan: Professor Dr. med. F. HOLLE

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Februar 1968

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

INHALTSVERZEICHNIS

Thema: Flächenkymographische Untersuchungen am linken Herzrand mit Berücksichtigung des Belastungskymogramms. - Eine Auswertung von 174 Flächenkymogrammen mit den wichtigsten Erkenntnissen der Flächenkymographie nach Stumpf und ein Vergleich mit Ergebnissen aus der Spiroergographie und der Elektrocardiographie.

A. Einleitende Vorbetrachtung

I. Geschichtliches und Wesen der Kymographie
II. Grundsätzliches zur Flächenkymographie des Herzens
1. Die Aufnahmetechnik
2. Die Flächenkymogrammanalyse des Herzens
3. Die Stellung der Flächenkymographie des Herzens in der Forschung und Klinik

B. Flächenkymographische Untersuchungen am linken Herzrand mit Berücksichtigung des Belastungskymogramms

I. Erkenntnisse und System der Flächenkymogrammanalyse am linken Herzrand
1. Das Ausmaß der Bewegung
a) Die mittlere Schlagamplitude
b) Die Stumpftypen
2. Die Kurvenformen der Kammerhauptbewegung am linken Herzrand
3. Die Kurvenformen der Kammerhauptbewegung am linken Herzrand unter Berücksichtigung ihrer zeitlichen Beziehung zur Herzaktion
4. Der Winkel α

II. Die Auswertung des Untersuchungsgutes nach den oben angeführten Gesichtspunkten

1. Untersuchungsgrundlagen
2. Untersuchungsschema und Untersuchungsergebnis
3. Kritische Betrachtung des Untersuchungsergebnisses
   a) Die optischen Probleme im Zusammenhang mit der Kymogrammanalyse
   b) Vergleich des Untersuchungsergebnisses mit den von Stumpf angegebenen Normalwerten
      α) Die mittlere Bewegungsamplitude
      β) Die Stumpftypen
      γ) Die Randzackenformen
      δ) Die Beziehungen zwischen Herzvolumen und mittlerer Bewegungsamplitude bzw. Stumpftypen

III. Vergleich der Flächenkymogrammbefunde mit den Ergebnissen aus der Untersuchung durch Spiroergographie und Ekg.

1. Vergleich der Funktionsdiagnosen des Herzens aus der Stumpftypenbeziehung vor und nach Belastung mit den Spiroergographie- bzw. Ekg-Befunden.
2. Vergleich der Randzackenbefunde mit den Ergebnissen aus Spiroergographie bzw. Ekg
3. Vergleich der Fälle mit einer mittleren Bewegungsamplitude unter 2 mm mit den Befunden der Spiroergographie bzw. des Ekg.

IV. Zusammenfassung

C. Literaturverzeichnis

A. Einleitende Vorbetrachtung

I. Geschichtliches und Wesen der Kymographie

Nachdem durch die Röntgentechnik eine Möglichkeit gefunden war, einen Blick in das Körperinnere zu tun und dieses auch bildlich festzuhalten, wurde auch bald nach einer Methode gesucht, die die Bewegungsvorgänge innerer Organe wiedergeben sollte.

Es lag nahe, zunächst an die Kinematographie, also an das System der gehäuften Einzelbilder zu denken, nur eben hier auf der Grundlage der Röntgentechnik. Mit diesem Gedanken trat Ejkmann 1901 an die Öffentlichkeit. Seither ist immer wieder versucht worden, diese Methode technisch zu verbessern, doch konnte man sich von vornherein für Forschung und Klinik keine großen Fortschritte erhoffen. Denn der Film konnte doch kaum mehr als eine gewöhnliche Durchleuchtung leisten, nämlich einen momentanen sinnlichen Bewegungseindruck bei der Vorführung verschaffen.

Entscheidend war, das Prinzip der graphischen Darstellung von Bewegungsvorgängen in das Röntgenverfahren einzuführen. Darum haben sich besonders Gött und Rosenthal (1) 1912 und unabhängig von ihnen Sabat (2) 1911 verdient gemacht. Die Kymographie war geboren. Die Methode bestand darin, daß an einer Bleiplatte mit einer schlitzförmigen Öffnung ein Film vorbeigezogen wurde, und so die Ortsänderungen eines bewegten Röntgenschattens in Form einer Kurve festgehalten wurden. Dieses Einschlitzverfahren war aber deshalb recht unbefriedigend, weil die dargestellte Kurve nur über e i n e n Punkt eines sich bewegenden Organs Aufschluß geben konnte, während das Komplexe der Organbewegung verborgen blieb.

Um dieses Problem zu lösen, schlug Pleikart Stumpf 1928 seine Flächenkymographie vor: "Ich ging dabei von einem neuen Gedanken aus, der darin bestand, daß die kymographische Aufzeichnung der Bewegung gleichzeitig mit der Festhaltung des Gesamtbildes erfolgen muß, da nur so die Gesamtbewegung zur Darstellung kommen kann. Durch eine rasterförmige Abdeckung während der ersten Aufnahmen war dafür gesorgt, daß das jeweils folgende Bild auf Filmteile, welche vorher unbelichtet waren, zu liegen kam. Daß die Rasteraufteilung die Gesamtauffassung des Bildes nicht erheblich beeinträchtigt, ist psychologisch begründet und jedem bekannt, der einmal durch ein Gitter einen Gegenstand betrachtet" (3).

Geschichtlich und fachlich sind an dieser Stelle ferner die modifizierten Einschlitzverfahren von Zdansky (4) und Cignolini (5) zu erwähnen. Zdansky

halbierte einen Schlitz, um am rechten und linken Herzrand in verschiedener Höhe die Kurven schreiben zu können, während Cignolini an mehreren Herzabschnitten gleichzeitig durch eine beliebig lange Aufnahmedauer besonders langausgezogene Kurven erhielt. Diese Einschlitzverfahren fanden auf dem Gebiet der Herzkymographie eine starke Beachtung, haben aber doch wohl nur für Forschungszwecke gegenüber der Flächenkymographie infolge ihrer detaillierteren Aufzeichnungen Vorteile. Jedenfalls fanden sie in die klinische Praxis keinen Eingang.

II. Grundsätzliches zur Flächenkymographie des Herzens

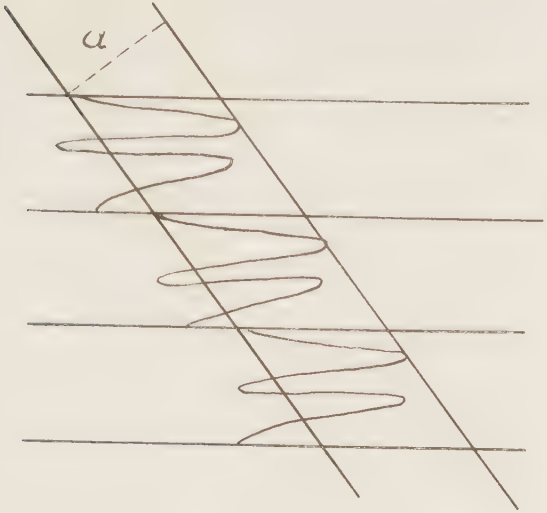
Wie oben bereits ausgeführt, besteht das Prinzip der Flächenkymographie in der gleichzeitigen Erfassung des Gesamtorgans und seiner Bewegung, ohne eine dieser Komponenten wesentlich zugunsten der anderen zu beeinträchtigen. Um nun das Gesamtorgan in allen Einzelheiten zu erfassen, muß man die Abdeckung, also die Schlitzabstände möglichst gering wählen. Das erfordert notwendig entsprechend schmale Schlitze, um eine genaue Kurvenschreibung zu gewährleisten. Weiterhin hängt die gute Wiedergabe von Bewegungseigenheiten noch davon ab, ob die Laufgeschwindigkeit des Filmes entsprechend der Schnelligkeit der Organbewegung eingestellt wurde.

1. Die Aufnahmetechnik

Zur Aufnahmetechnik ergeben sich aus der Natur der Methode zwei Verfahren.
Das Flächenkymogramm kann entweder durch eine Rasterbewegung oder durch das Verschieben des Films hinter dem Raster geschrieben werden. Der Vollständigkeit wegen, aber vor allem um auch wesentliches und die Schwächen der Methoden zu beleuchten, ist folgendes dazu zu bemerken.

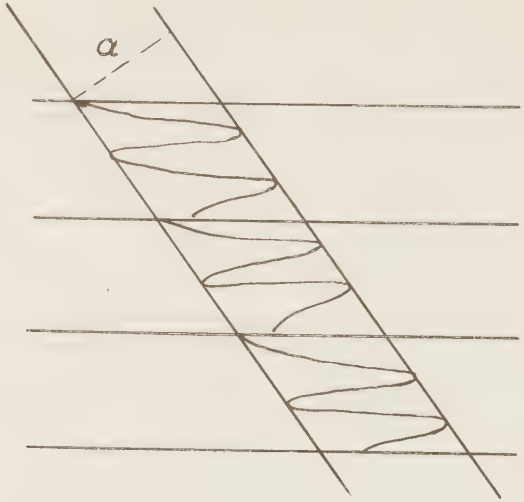
Bewegt man das Raster, so gehen in das Kurvenbild, das sich auf dem Film abzeichnet, alle randbildenden Punkte ein, die durch die Wanderung der Schlitze erfaßt wurden. Das bedeutet, daß sich in der Kurve nicht die Bewegung eines Punktes, sondern eines Bereichs des Herzrandes abbildet. Da aber benachbarte Punkte in den kleinen Bereichen, um die es hier geht, etwa gleiche Bewegungen machen, glaubt Stumpf diesem Umstand keine große Bedeutung zumessen zu müssen (3). Zu dieser Ungenauigkeit des Ortes kommt jedoch auch eine solche der Zeit. So wirkt sich die Rasterverschiebung verschieden auf die Bewegungsgeschwindigkeit aus, je nachdem, ob sich das Raster mit oder gegen die Organbewegung verschiebt.

Im ersteren Falle würde eine langsamere, im letzteren Fall eine schnellere Bewegung vorgetäuscht. Bei praktischen Aufnahmen läuft aber die Organbewegung immer schneller ab als das Raster, wodurch dieser Fehler relativ unbedeutend wird (3).
Für unbedingt genaue Messungen ist nach Stumpf stets der laufende Film vorzuziehen (3). Da hier immer nur die Exkursionen der gleichen randbildenden Punkte aufgezeichnet werden, sind die Ungenauigkeiten der vorigen Methode hier nicht gegeben. Allerdings entsteht unter diesen Bedingungen eine stufenförmige Abbildung, sobald der Organrand nicht senkrecht zu den Rasterschlitzen verläuft. Dieser Effekt zeigt sich genauso auch an nicht bewegten Organen, worunter das Gesamtbild leidet. Daraus ergibt sich auch der Anwendungsbereich dieser Methode für Sonderuntersuchungen über die zeitlichen Verhältnisse der Bewegungen in den verschiedenen Einzelteilen des Organs und eine genaue Kurvenanalyse (3).
Beiden Aufnahmearten gemeinsam ist aber das Phänomen, daß die Kurven, die von den schrägen Organrändern geschrieben werden, sowohl in der Form als auch in der Amplitudengröße verzerrt abgebildet werden. Dazu gibt Stumpf folgende Korrekturmaßnahmen an (3).



Schema der Randkurven
bei laufendem Film

a = Bewegungsamplitude



Schema der Randkurven
bei laufendem Raster

An dieser Stelle ist vergleichend auf die Einschlitzverfahren hinzuweisen. Diese Methoden können die Schlitze immer senkrecht zum Organrand einstellen, wobei sich dann keine Verzerrungseffekte ergeben. Durch Vergleiche hat sich aber gezeigt, daß bei der Flächenkymographie die Charakteristika der Bewegungen an den verschiedenen Einzelteilen des Organs im wesentlichen erhalten bleiben.

Eine typische Erscheinung bei der Betrachtung eines Flächenkymogramms fällt noch auf, die in auffälligster Weise das Herz betrifft. Sind mit der Organbewegung auch Dichteänderungen des Organs verbunden, so zeigen sich im Innern des Organschattens hellere und dunklere Bezirke. Beim Herzen sind es, durch die Arbeitsweise bedingt, parallel und waagrecht verlaufende Schattenbänder, die sich synchron zu den Randkurven durch den Herzschatten ziehen.

2. Die Flächenkymogrammanalyse des Herzens

Da die Vorführung des Gesamtbewegungsvorgangs mit dem Kymographen gegenüber der Durchleuchtung keine wesentlichen Vorteile bringt, kommt Stumpf selbst zu dem Schluß: "Wer die Bewegungsvorführung praktisch ausführt, wird sehr bald zur Überzeugung kommen, daß das Bewegungsphänomen nicht sehr für feinere Studien geeignet ist, auch wenn alle Hilfsmittel des Tempowechsels angewandt werden. Sehr gern kehrt man zum Kurvenbild selbst zurück, in welchem die Bewegungen am ganzen Herzen aufgeschrieben sind" (3).
Mit der Analyse der Randzacken ist man am Kernproblem der Flächenkymographie des Herzens angelangt. Hier muß sich zeigen, ob die Methode in der Lage ist, Eigenheiten des Bewegungsvorgangs so deutlich zu registrieren, daß sich Normales vom Pathologischen abzeichnet, oder ob sich gar neue wissenschaftliche Erkenntnisse über Physiologie und Pathophysiologie der Herzarbeit gewinnen lassen.
Bevor die eigentliche Kurvenanalyse in einem späteren Kapitel in den Mittelpunkt gerückt wird, soll zunächst nur ein Überblick darüber gegeben werden, was die Flächenkymographie kann im engeren Sinne die Kurvendeutung am linken Herzrand grundsätzlich für die Klinik und die Forschung bedeuten kann.

3. Die Stellung der Flächenkymographie des Herzens in der Forschung und in der Klinik

Die ganz großen Hoffnungen hat die Flächenkymographie selber nicht er-

füllt. Die Erfahrung hat gezeigt, daß das normale Herz in seinen Bewegungsformen eine große Variationsbreite besitzt. Stumpf führt die Vielgestaltigkeit der Bilder auf jeweils wechselnde Ursachen gleicher Bewegungserscheinungen zurück. So gehen in eine Bewegung des Herzrandes nach links, z.B. auch drehende und pendelnde Bewegungen des ganzen Herzens ein. Heckmann spricht dabei von den Lokomotionsbewegungen des Herzens und stellt sie den Pulsationen gegenüber (6). Ferner stellt Stumpf aber auch die große physiologische Schwankungsbreite im anatomischen Bau, in der Regulation der Herzbewegung und nicht zuletzt die geänderten Projektionsverhältnisse in Rechnung (3). So schreibt Stumpf wörtlich: "Wir sehen also, daß es genügend Gründe gibt, um die Verschiedenheiten der Herzbewegungen zu erklären. Es wird immer einen Spielraum in den Erklärungsmöglichkeiten geben, denn meistens wirken ja mehrere Momente zusammen. Die Beurteilung des Flächenkymogramms sieht sich somit vielen Schwierigkeiten gegenüber. Besonders der Versuch, die Einzelheiten des Kurvenverlaufs in einen ursächlichen Zusammenhang mit physiologischen und pathophysiologischen Erkenntnissen zu bringen, hat viele kritische Einwände herausgefordert. Stumpf nimmt zu diesem Problem Stellung:
"Die Kritiker bitte ich indes folgendes zu bedenken: Es ist mit der Kymographie jederzeit möglich, von einem und demselben Herzen unter Einhaltung ähnlicher physiologischer Bedingungen immer die gleichen Kurven zu schreiben und unter Hunderten von andern ein Vergleichsbild wiederzuerkennen. Mit einem unexakten Instrument wäre eine solche Konstanz der Aufzeichnung niemals zu erreichen. Das Instrument an sich ist genau; die Kurven sind nur überlagert, und es steckt in ihnen die Auswirkung anatomischer und physiologischer Besonderheiten, die durch keine andere Methode festgehalten werden kann. Für reine Druck- und Volumenbestimmungen sind die Kymogramme vorläufig ungeeignet; aber damit wird die Festhaltung der Bewegungserscheinungen nicht wertlos; denn Druck und Volumen sind nur physikalische Teilerscheinungen, die gewiß wichtig sind, aber nicht das ganze biologische Geschehen erfassen. Wenn Teile des Muskelapparates mit verschiedenem Wirkungsgrad, z.B. infolge teilweisen Ausfalls (Infarkt) arbeiten, können Druck und Volumen in der Hämodynamik vollkommen gleichbleiben, und doch liegt eine schwere pathologische Veränderung vor. Solche Besonderheiten müssen in der Bewegung des Herzens sich auswirken und machen die Kymographie für den Kliniker bedeutungsvoll, auch wenn die Physiologen für hämodynamische Fragestellungen die Kymogramme nicht unmittelbar verwenden können" (3).

Trotz dieser Überlegungen, die die flächenkymographische Aufzeichnung als ein Ergebnis von theoretisch äußerst komplizierten gleichzeitigen Vorgängen

erkennen lassen, mußte doch ein begründeter Optimismus dort angebracht sein, wo man sich auf die Erfahrungen rein empirischer Forschung beschränkte, um durch Reihenuntersuchungen krankhafte Befunde von normalen zu trennen. Dann war dem Flächenkymogramm von vornherein eine starke Beachtung zu schenken, da es mit dieser Untersuchungsmethode erstmals möglich war, eine Organtätigkeit röntgenologisch festzuhalten. Das war natürlich auch besonders für die Herzdiagnostik zu erwarten, lag doch die Annahme nahe, daß pathologisch veränderte Herzen auch charakteristische Bewegungseigenheiten zeigen müßten. So konnte Kienle schließlich nach vielen Erfahrungen zu folgender Bewertung des Kymogramms im Bereich der Herzdiagnostik kommen:

"Die vertiefte Analyse der Randzacken des Flächenkymogramms nach Stumpf führte sicher zu einer Bereicherung der Herzdiagnostik. Ihr außerordentlicher Formenreichtum erfordert zwar ein ausgedehntes Studium mit dem Ziele, die Einzelform entweder als Variation der Bewegung eines gesunden Herzens zu erkennen oder sie mit pathologischen Veränderungen des Herzens in Beziehung zu setzen. Wenn man in voller Ausnutzung der Stumpfschen Methode mit Form und Größe der Randzacken die Form und Größe des ganzen Herzens und den Gesamtbewegungsmodus betrachtet und die Beobachtungsergebnisse in den Rahmen des klinischen Gesamtbildes stellt, so ergeben sich im Kymogramm des öfteren in Übereinstimmung mit dem klinischen Bilde positive Befunde, bei denen das Elektrocardiogramm eine Schädigung nicht nachweisen konnte" (7).

An dieser Stelle ist noch eine kurze Gegenüberstellung des Flächenkymogramms zum Elektrocardiogramm angebracht. Das Elektrocardiogramm, das elektrische Spannungen am Herzmuskel registriert und hierdurch Aufschluß über Störungen der Reizbildung und Erregungsleitung gibt, sagt direkt nichts aus über die Leistungsfähigkeit des Herzmuskels, obwohl sich aus der Erfahrung natürlich weitere Schlüsse ziehen lassen. Das Kymogramm dagegen erfaßt die Bewegung der Muskulatur, also den Reizerfolg und somit einen erst nachfolgenden Mechanismus. Kienle schreibt darüber: "Mit dem Kymogramm und dem Elektrocardiogramm erfaßt man zwei grundverschiedene Vorgänge. Es ist deshalb von vornherein zu erwarten, daß die Schwere pathologischer Befunde nicht parallel geht. So können in extremen Fällen schwerste Elektrocardiogramm-Befunde mit normalen kymographischem Bild und schwerste pathologische Kymogrammbefunde mit geringen Abweichungen im Ekg einhergehen" (7). "Kymographie und Ekg bilden also eine Ergänzung, besonders, wenn auch das Kymogramm und Ekg nach Belastung aufgenommen werden.

B. Flächenkymographische Untersuchungen am linken Herzrand mit Berücksichtigung des Belastungskymogrammes

I Erkenntnisse und System der Flächenkymogrammanalyse am linken Herzrand

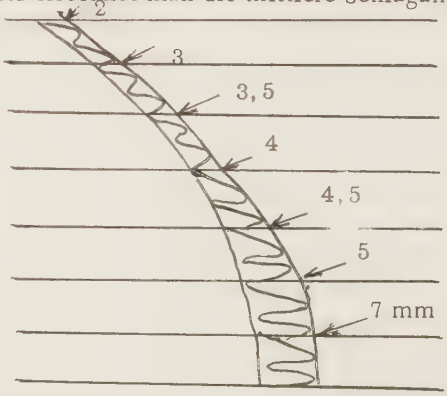
Eine Bewegung zu analysieren, d.h. auf grundlegende Vorgänge und typische Merkmale hin zu untersuchen, scheint von vornherein schwierig. Ohne das Prinzip der graphischen Darstellung von Bewegungsvorgängen wäre eine wissenschaftliche Betrachtung wohl kaum möglich. Durch die Kurvenschreibung gelingt es jedoch, einen Bewegungsablauf objektiv zu erfassen und abzubilden. Auf dieser Grundlage kann in Ruhe die Suche nach den Hauptkomponenten und Charakteristika der Bewegungen aufgenommen werden.

Stumpf nimmt für seine Randzackenanalyse eine Dreiteilung vor: "Wollen wir die Bewegung eines Organs näher beschreiben, so ist es zweckmäßig, zunächst zu betrachten, welche Strecke an einer bestimmten Stelle und im ganzen Umfang bei der Bewegung zurückgelegt wird (Ausmaß und Bewegung). Als zweites Merkmal kümmert uns die Art des Ablaufs und schließlich sind die Zeitbeziehungen von Bedeutung als Ausdruck des Zusammenspiels und Kennzeichen der Gesamtbewegung" (3).

1. Das Ausmaß der Bewegung - Bewegungsamplitude und Bewegungsraum

Die Bewegungsamplitude ist definiert als das Ausmaß der Bewegung eines Schattenpunktes im Kymogramm. Dabei ist zu bemerken, daß darunter immer der aufeinander senkrechte Abstand der Organränder in den Endlagen verstanden werden muß.
Nach dem folgenden Beispiel errechnet man die mittlere Schlagamplitude (3).

2,0
3,0
3,5
4,0
4,5
5,0
7,0
29 mm : 7 = 4,1



Ablesung und Berechnung der mittleren Schlagamplitude:
In den Abständen der Rastereinteilung werden die senkrechten Abstände in der Bewegungsraumskizze gemessen und das arithmetische Mittel sämtlicher Abmessungen gezogen.

Der Bewegungsraum umfaßt dagegen alle Bewegungsamplituden am ganzen Organrand. Dabei hat sich herausgestellt, daß es wesentlich ist, darauf zu achten, ob sich der Bewegungsraum noch caudal (Stumpftyp I) oder cranial zu vergrößert (Stumpftyp II).

Die diagnostische Bedeutung des Bewegungsausmaßes:

a) Die mittlere Schlagamplitude

Die von Stumpf ermittelten Normalwerte schwanken zwischen 2,5 - 6 mm, wobei die Werte unter 2 mm stets als Zeichen einer veränderten Herzbewegung zu werten sind, der Mittelwert beträgt 3,8 mm. Die darüberliegenden Werte sind mehr bei den kleineren Herzen, die darunterliegenden Werte mehr bei den größeren Herzen zu finden (3). Werte unterhalb der Norm sprechen ganz allgemein für eine muskuläre Insuffizienz (3), können aber auch bei besonders leistungsstarken Herzen, z.B. Sportherz vorkommen, wie Untersuchungen von Reindell, Klepzig und andere zeigten (8). Ebenso ziehen Pericarderkrankungen, besonders die Pericarditis calculosa und die Concretio pericardii und auch eine starke Pericarditis exsudativa z.T. starke Einschränkungen des Bewegungsausmaßes nach sich (3).
Werte über 6 mm sprechen für eine verstärkte Aktion und können auf einen Basedow oder Herzklappenfehler hinweisen (3). Dagegen muß man die hohen Amplituden bis 12 mm, die beim Pneumothorax und Pneumoperikard vorkommen, als eine Folge der veränderten physikalischen Verhältnisse der Herzumgebung betrachten (3).

b) Der Bewegungsraum - die Stumpftypen

Stumpf fand in einer Untersuchungsreihe von 500 gesunden Jugendlichen folgende Verteilung der Typen:

Stumpftyp I	60 %
Stumpftyp II	20 %
Gemischter Stumpftyp I/II	20 %

Bemerkenswert bei dieser Untersuchung war noch, daß unter den Stumpf II

Typen auffallend viele an der oberen Grenze der Norm der Herzgröße lagen.
Stumpf stellte seine Typen in verschiedene Zusammenhänge, z.B. mit der Herzgröße, Herzform, Herzfrequenz. Wichtig sind aber vor allem die Beziehungen, die sich zur Herzleistung ergeben. Inwieweit die Herzleistung in den Untersuchungen Stumpfs durch die Heranziehung des Amplituden-frequenzproduktes objektiviert wurde, ist hier zu beurteilen nicht möglich. Es fand sich (3):

Typ I:	gute Leistungsfähigkeit des Herzens wahrscheinlich
Typ II:	schlechtere Leistungsfähigkeit des Herzens wahrscheinlich.

In den Fällen, wo trotzdem eine gute Leistungsfähigkeit vorlag (5 von 65 untersuchten Stumpf II Typen), handelte es sich um überdurchschnittlich große muskelstarke Herzen. Dieser Befund deckt sich mit den kymographischen Untersuchungen, die später von Reindell u.a. am Sportherzen gemacht wurden (8).

Nach einer Klärung der Ursachen, die einen Stumpftyp I oder II bedingen können, gibt Stumpf folgende Zusammenfassung: "Aus dem Gesagten geht hervor, daß sowohl bei normalen, wie bei pathologischen Fällen Typ I und II verschiedene Entstehungsursachen haben können. Bei normalen kommen in Betracht anatomischer Bau, Lage des ganzen Herzens und Funktion der verschiedenen Muskelgruppen; bei pathologischen Fällen kommen in Betracht zonenweise Veränderung der Muskulatur im Sinne einer Hypertrophie kranial, einer Atrophie kaudal, neben Funktionsunterschieden und eventuell auch Lageveränderungen. Aus diesen verschiedenartig möglichen Ursachen erklärt sich ohne weiteres, daß die Stumpftypen kein absolut pathognomonisches Kennzeichen sein können, sondern daß sie nur als Symptom zu bewerten sind, bei welchem unsere Erfahrung uns gelehrt hat, daß in einem hohen Prozentsatz der Fälle pathologisch-anatomische Veränderungen oder eine Dysfunktion vorhanden sind" (3).

Für die diagnostische Verwertung der Stumpftypen hat sich aber als besonders wertvoll die Anfertigung von Belastungskymogrammen erwiesen. So konnten Stumpf (9), Braunsbehrens, Reindell, Klepzig, Mußhoff u.a. (8), Kienle (7) zeigen:

	Stumpftyp vor Belastung	Stumpftyp nach Belastung	Beurteilung
1.	I	I	günstig
2.	II	I	günstig, sogar häufig bei Hochleistungssportlern
3.	II	II	oft pathologisch
4.	I	II	oft pathologisch

Kienle erklärt diese Befunde recht einleuchtend, indem er die leistungsfähigen Stumpf II Typen solchen Herzen zuordnet, die im Schongang arbeiten, d.h. die ganze Auswurfleistung durch die systolische Verschiebung der Ventilebene ohne wesentliche Beanspruchung der Ventrikelwand leisten. Die veränderten Verhältnisse nach Belastung ergeben dann einen Stumpftyp I. Beim fixierten Stumpftyp II handelt es sich um insuffiziente Herzen mit verminderter Entleerung und erhöhter Restblutmenge bereits in Ruhe und nach Belastung. Für den Fall 4 gibt Kienle folgende Überlegungen an: In Ruhe wird das Schlagvolumen durch Verschiebung der Ventilebene und volle Beanspruchung der Kontraktionskraft der Herzwand noch geleistet. Nach Belastung wird die Mehrleistung nicht mehr erbracht, die vermehrte Restblutmenge zeigt sich kymographisch in der Ausbildung eines Stumpftyp II (7).

2. Kurvenformen der Kammerhauptbewegung am linken Herzrand

Grundsätzlich bilden sich bei waagrecht gestelltem Raster schnellere Bewegungen in zunehmend waagrechten Linien, langsamere Bewegungen in zunehmend senkrechten Linien ab. Bei mittlerer Pulsfrequenz läuft die Medialbewegung schneller ab als die Lateralbewegung.
Stumpf geht nun nicht so weit, diese oder jene Bewegungsform normal oder pathologisch zu bezeichnen. Er weist daraufhin, daß sich schon an ein und demselben Herzen die Kurvenform von den kaudalen zu den kranialen Bezirken hin ändert. Die Grundform bleibt im Bereich der Kammerhauptbewegung aber immer eine Hakenform, wobei die Verschiedenheiten vor allem die Lateralbewegung betreffen. Um sicherere Rückschlüsse auf ein pathologisches Verhalten im Bereich eines Herzabschnittes zu ziehen, muß die zeitliche Beziehung zur Herzfunktion mit der Kurvenform hergestellt werden. Hierauf wird im nächsten Punkt eingegangen. Abschließend ist hier noch zu sagen, daß doch allgemein das Zeichen der normalen Kammerhauptbewegung der glatte Verlauf sowohl der Medial- als auch der Lateralbewegung ist. Man sieht dann weder Stufenbildungen noch Unterbrechungen im Zuge der allgemeinen Bewegungsregel.

Interessant erscheint hier eine Stellungnahme Stumpfs zum Einschlitzverfahren Cignolinis, der mit seiner Methode der polyanalytischen Kurven (PAK) in italienischen Forscherkreisen einige Beachtung fand (5).
"Zieht man die Kurven weiter auseinander, wie es bei der Einschlitzkymographie möglich ist, so treten kleine Unregelmäßigkeiten auf, deren zeitliche Lage nicht sehr konstant ist. Cignolini bringt mit diesen kleinen Unregelmäßigkeiten die Tätigkeiten der Herzklappen in Verbindung und legt auf ihre Feststellung den größten Wert. Die im Flächenkymogramm erkennbaren größeren Bewegungen bieten in ihrem Verlauf schon eine solche Mannigfaltigkeit, deren Zusammenhang mit physikalischen Unterlagen so unsicher ist, daß sich eine Typisierung nicht lohnt, wollten wir nun erst die kleineren Abstufungen auch noch in ein Schema einreihen, so steht zu befürchten, daß die Mannigfaltigkeiten so groß werden, daß für die Praxis kein Gewinn mehr zu erwarten ist" (3).

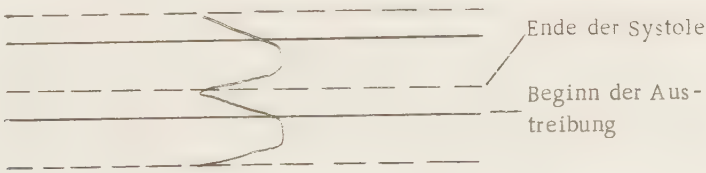
3. Die Kurvenformen der Kammerhauptbewegung am linken Herzrand unter Berücksichtigung ihrer zeitlichen Beziehung zur Herzaktion

Hierzu bemerkt Stumpf folgendes: "Sehr wichtig ist die Herstellung einer Beziehung der Herzbewegung zu physiologisch genau definierten Zeitmomenten der Herztätigkeit. Zu diesem Zwecke suchte ich im Kymogramm nach einer Bewegung, die stets mit einem bestimmten Funktionsmoment in Zusammenhang gebracht werden kann. Durch Vergleich mit gleichzeitig geschriebenen Pulskurven und Ekg konnte festgestellt werden, daß die Lateralbewegung der Aorta am linken Sternalrand, unterhalb des Bogens abgenommen, diese Bedingung am besten erfüllt. Die Bewegung verläuft in ähnlicher Form wie die bekannten Pulskurven, und es fand sich, daß regelmäßig die schnelle Lateralbewegung der R. Zacke des Ekg mit einer Zeitdifferenz von 0,06 sec nachfolgt. Daraus geht hervor, daß der Fußpunkt der densographischen Aortenkurve, welcher meist kleine Zacken aufweist, mit dem Funktionsmoment der Anspannung, die rasche Lateralbewegung selbst mit der Austreibung in Beziehung zu setzen ist" (3).

Die Zeitbeziehungen, die Stumpf mit dem Densographen genau untersucht hat, ergaben als für diese Arbeit wesentliches: Am normalen Herzen sieht man niemals ein Ausbleiben der Medialbewegung in der Zeit der ganzen Systole und niemals ein Ausbleiben der Lateralbewegung im Verlauf der Diastole.
Eine Zwischenbewegung (systolischer Reflux ?) findet sich in 40 % der Fälle, und zwar immer kranial als kleine Erhebung im Zustand der systolischen Verharrung. Kaudal tritt diese Zacke nur in 5 % der Fälle auf (3).

Da die Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit ohne Densogramm durchgeführt wurden, können hier nur die Kurvenmerkmale zur Beschreibung kommen, die ohne Densogramm zu differenzieren waren.
Nach den Erfahrungen von Kienle (7) liegt es nahe, die diagnostisch bisher wichtigsten Bewegungseinheiten, nämlich das laterale Plateau, die stumme Zone und die systolische Lateralbewegung an den Anfang zu stellen und aus gegebenen Gründen im Zusammenhang abzuhandeln. Diese drei wichtigen Merkmale sind nur aus systematischen Erwägungen hier eingereiht worden, sinngemäß wäre die Besprechung im Anschluß an die Stumpftypen vielleicht besser. Das laterale Plateau muß nämlich als ein typisches Merkmal des allmählichen Übergangs eines Stumpftyps II mit geringer Bewegungsamplitude in eine stumme Zone angesehen werden, meist als Folge einer zunehmenden Myokardinsuffizienz, wobei es dann am Ende dieser Kette zur systolischen Lateralbewegung kommt (7).

a) Das laterale Plateau:



Es handelt sich um eine Abflachung der Randzacken, die durch eine nur sehr kurzzeitige systolische Medialbewegung mit vorzeitiger Weitung des Herzschattens entsteht. Das Herz arbeitet nahe der diastolischen Endlage, wobei schon im Beginn der Diastole der Ventrikel maximal gefüllt ist. Die Ursache einer solchen Arbeitsweise des Herzens ist dann eine Myokardinsuffizienz auf ischämischer, toxischer oder entzündlicher Grundlage, die Folge davon eine Stauung in die Vorhöfe und den kleinen Kreislauf, da der diastolische Füllungsdruck erhöht ist (8). Heckmann kommt mit der Phasenanalyse seiner Elektrokymographie noch zu der recht einleuchtenden Feststellung, daß sich die erhöhte Restblutmenge besonders in der Einflußbahn des linken Ventrikels in einer starken Plateaubildung auswirkt, während die Ausflußbahn, die sich noch entleert, höhere Amplituden zeigt (6).

Die laterale Plateaubildung, dieses diagnostisch einigermaßen wichtige Merkmal, kann man aber nicht nur bei insuffizienten Herzen beobachten. Differentialdiagnostisch ist es von großer Bedeutung, daß sich ähnliche Befunde auch bei vollkommen Herzgesunden und bei Rhythmusstörungen ergeben können. So sind auszuschließen:

1. Eine stark hebende Pulsation der Herzspitze (Heckmann) (6).
2. Eine Perikardobliteration, die als wichtigsten Unterschied zur Herzsuffizienz nicht das typische Verhalten von Ein- und Ausflußbahn hat (6).
3. Eine Pneumothorax oder Pneumoperikard (3).
4. Eine herzsystolische Pendelbewegung des Herzens nach links (Braunbehrens).
5. Ein hochleistungsfähiges, im Schongang arbeitendes Sportherz (8).
6. Eine Bradykardie bei Vagotonus (7),
7. Eine Bradykardie infolge von Reizleitungsstörungen mit Ersatzrhythmen (7).

Für die Fälle 5 - 7 ist das Belastungskymogramm von ganz entscheidender Bedeutung. Ganz allgemein gilt nach Kienle:

1. Verschwinden des lateralen Plateaus - günstiger Befund.
2. Trotz Frequenzsteigerung Fortbestehen des lateralen Plateaus - Einflußstauung.
3. Bei fixierter Bradykardie, wo keine Frequenzsteigerung möglich ist, bleibt die diagnostische Bedeutung des lateralen Plateaus im Unklaren.

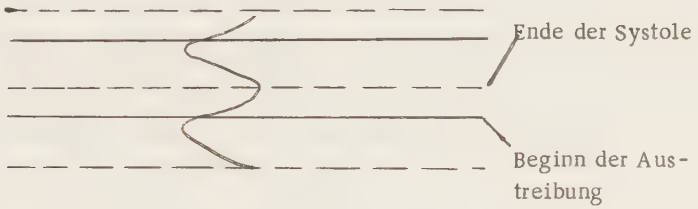
Weiterhin ist auch durch das Flächenkymogramm je nach Beobachtung des lateralen Plateaus schon in Ruhe oder erst nach Belastung die Diagnose Arbeits- und Ruheinsuffizienz des Herzens möglich (7).

b) Der Bewegungsstillstand am linken Ventrikelbogen - "die stumme Zone" (C. Schilling) (10)

Bei stärkeren Herzmuskelschäden kann man im Flächenkymogramm oft keine Randzacken mehr nachweisen. Heckmann betont dagegen, daß es keine echten "stummen Zonen" gibt. "Die Bewegungen sind hier entweder so klein, daß das Flächenkymogramm sie nicht zu erkennen gibt oder die Unbeweglichkeit wird durch Lokomotionsbewegungen vorgetäuscht, indem hier die entgegengerichtete Pulsationsbewegung gerade aufgehoben wird". Diese Erkenntnis tut aber der eigentlichen diagnostischen Bedeutung der "stummen Zone" keinen Abbruch, wenn die schon beim lateralen Plateau beschriebenen Fälle 1, 4 und 5 ausgeschlossen werden. Dann bleibt nämlich durch Kienle als praktisch häufigste Ursache eine schwere diffuse Myokardschädigung im Bereich des linken Ventrikels übrig. Das geschädigte

Myokard bringt die Kraft nicht mehr auf, den systolischen Kammerinnendruck zu überwinden (7). Ursächlich kommen wieder hypoxämische, toxische und entzündliche Schäden in Frage.

c) Die systolische Lateralbewegung
(v. Braunbehrens und Heier)



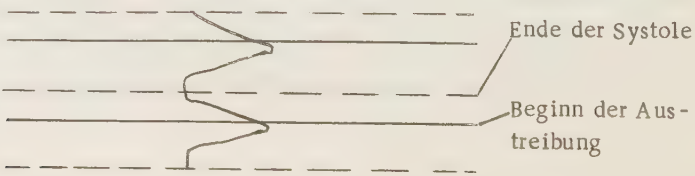
Mit dem Begriff der "stummen Zone" ist die systolische Lateralbewegung eng verbunden. Wie schon angedeutet, bedeutet sie den kymographisch schwerwiegendsten Befund im Rahmen der Myokardschäden. So findet man nicht selten im Bereich der "stummen Zone" nach Belastung die typische systolische Lateralbewegung als Ausdruck dafür, daß die Herzwand dem steigenden Kammerinnendruck nachgibt.
Differentialdiagnostisch ist hier vor allem der Myokardinfarkt von Bedeutung. Charakteristisch dafür ist eine systolische Lateralbewegung an umschriebener Stelle, Voraussetzung aber die Randständigkeit des infarzierten Gebietes, wodurch nur Spitzeninfarkte und solche des Vorderseitenrandes der linken Kammer erfaßt werden, also Verschlüsse des Ramus descendens anterior der linken Kranzarterie (7). So bleiben vor allem die Hinterwandinfarkte der kymographischen Untersuchung verborgen. Auch kleine und besonders frische Infarkte sind nach Haubrich und Odenthal oft nicht nachweisbar. Denn solange der Bereich hämorrhagisch infarziert ist, kann er infolge seiner Starre die Bewegungen der Umgebung passiv mitmachen (11). Ähnliches gilt für verkalkte Infarkte, wie Vogt sicher nachweisen konnte (12). Über das Alter des Infarktes entscheidet aber in jedem Fall das Ekg am sichersten. Dann ergibt sich oft, daß kymographische Zeichen länger oder kürzer nachzuweisen sind als die Ekg-Veränderungen, worauf der Wert und die prognostische Aussagekraft des Kymogramms für den Herzinfarkt beruht (6).
Heckmann warnt allerdings sehr davor, jede systolische LB als Infarktzeichen

zu werten. Er gibt als einzig zuverlässige Untersuchung seine Phasenanalyse an (13). Nach Kienle dagegen genügt es, eine herzsystolische Pendelbewegung nach links auszuschließen, wobei nach seiner Erfahrung die systolische Lateralbewegung nie die ganze Dauer der Systole einnimmt (7).

Außer den durch Bewegungseigentümlichkeiten der Herzen vorgetäuschten systolischen Lateralbewegungen kommt es zu den eigentlichen hernienartigen Ausstülpungen der Herzwand, aber auch bei Herzschäden ohne Infarktcharakter. Darüber konnte Kienle viele Erfahrungen sammeln (7). Es ergab sich, daß bei Koronarinsuffizienz typischerweise in einem ausgedehnteren Bereich als beim Infarkt, und zwar in den kaudalen Randpartien und an der Spitze, systolische Lateralbewegungen auftraten. Doch kann auch eine reine Koronarinsuffizienz ohne Infarkt zu einer umschriebenen Ausstülpung führen, oder ursächlich auch toxische und entzündliche Myocarderkrankungen in Frage kommen.

Abschließend zu diesen Betrachtungen über das laterale Plateau, die stumme Zone und die systolische Lateralbewegung ist noch einmal festzuhalten, daß diese Bewegungsformen zwar in den meisten Fällen, aber nicht unbedingt pathologisch sind. Hier führt aber schon das Flächenkymogramm nach Belastung eine weitere Klärung herbei: "Überschauen wir diese Kymogrammbefunde in Ruhe und nach Belastung, so ergibt sich der diagnostische Wert der Kymogrammbefunde nach Belastung. Es werden dadurch Fehlerquellen weiter ausgeschaltet und die Beurteilung, besonders der Bewegungstypen des Bewegungsspielraums und die Bewertung einer lateralen Plateaubildung sicherer" (7).
Die nachfolgend beschriebenen Bewegungsformen des linken Herzrandes sind in ihrem Aussagewert bei weitem geringer einzuschätzen, denn sie werden zum Teil auch bei Herzgesunden häufiger beobachtet und sind auch mehr oder weniger stark den Fehlern unterworfen, die bereits durch eine gewisse Subjektivität in der Beurteilung durch das Auge entstehen. Trotzdem habe ich bei der Betrachtung der Kymogramme nach solchen Merkmalen Ausschau gehalten und versucht, sie unter Wahrung der mir möglichen Objektivität in die Begriffe der Literatur einzuordnen und so in den Kymogrammbefund aufzunehmen.

d) Das mediale Plateau (Heckmann)



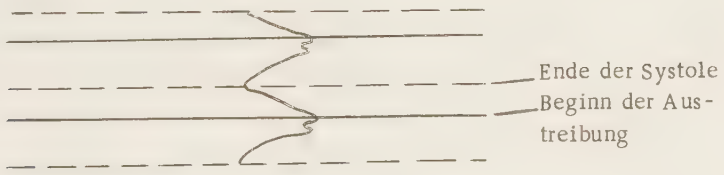
Nach Stumpf kommt das mediale Plateau bei muskelgeschädigten Herzen und bei Pericarditis calculosa vor. Heckamnn konnte es mit seiner Elektrokymographie bisher noch nicht beobachten (6).

e) Abstufungen und Aufsplitterungen in der Lateralbewegung

Diese Befunde sind nach Stumpf (3) eine Eigenart der Erschlaffung, aber Ausdruck einer krankhaften Myokardenveränderung. Ferner kommen sie auch bei Rhythmusstörungen vor.

Die Phasenanalyse mit der Elektrokymographie ergab ebenfalls, daß es sich um einen gestörten Auffüllungsvorgang des linken Ventrikels handelt. Heckmann bezeichnet das Phänomen "rückläufige Bewegungen" und erklärt sie durch gegensinnige Bewegungen beim Übergang der Ovoidform in die Kugelform des Herzens während der Diastole (14).

f) Doppelbewegungen im diastolischen Schenkel - Kamelrückenkymogramm (Pressmann und Worronesch) (15)



Nach Stumpf (3) kommt dieses Merkmal bei normalen und pathologischen Herzen vor. Besonders wird es beobachtet bei sehr muskelkräftigen Herzen bei bestehender Bradykardie, dann bei Arbeitstachykardie. In den pathologischen Fällen sieht man die Doppelbewegungen, wenn bei Klappenfehlern eine Hypertrophie der linken Kammer vorliegt und gleichzeitig die Vorhofsystole verstärkt ist. Das Fazit wäre wohl also, daß die Doppelbewegung am

Ende der Diastole schwer zu verwerten ist.
Heckmann kommt dagegen mit seiner Phasenanalyse der Elektrokymographie zu einer präziseren Beurteilung und Erklärung dieses Phänomens (14). Das Auftreten des Kamelrückens in den kaudalen Abschnitten der linken Kammer sieht er als Folge einer diphasischen Auffüllung der Einflußbahn, nach ihm als Zeichen einer insuffizienten Kontraktionsfähigkeit zu verwerten.

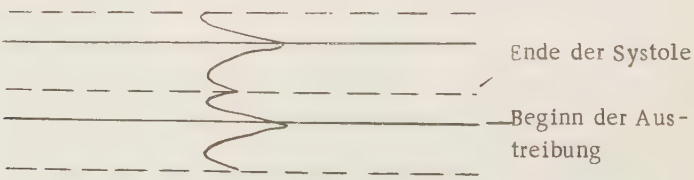
g) Schleuderzacken am Ende der Diastole

Nach Stumpf beim Cornervosum vorkommend, doch gibt es alle Übergänge zum Normalen, deshalb kaum zu verwerten.

h) Stufen in der Medialbewegung

Sind diese Abstufungen im ganzen Kammergebiet ziemlich gleichmäßig erkennbar, so liegt meist ein Hochdruck vor (3). Zu dieser Feststellung kommt auch Heckmann mit der Elektrokymographie und gibt als Differentialdiagnose dazu den Ventrikelseptumdefekt an (6).

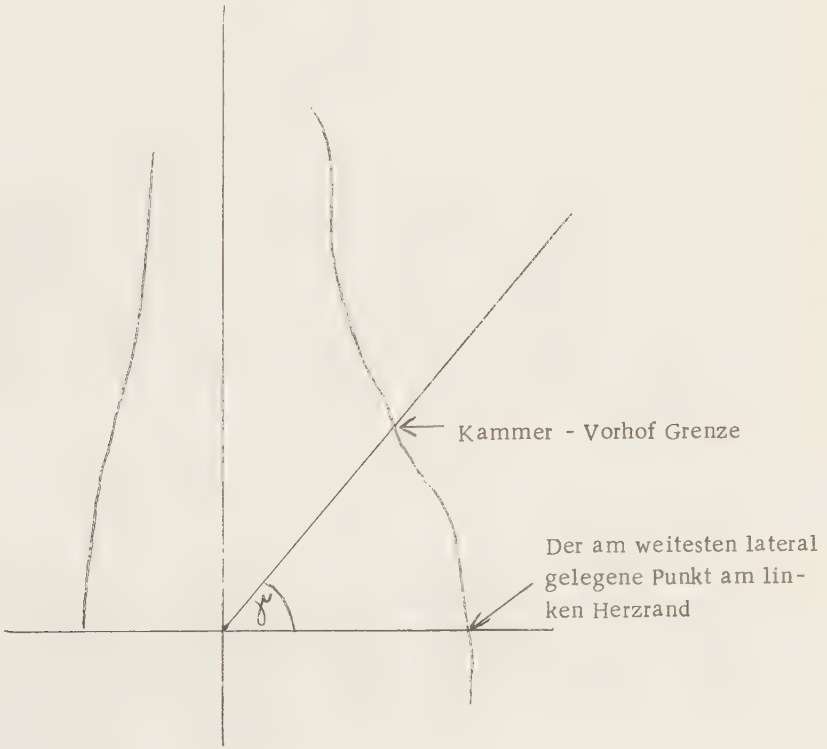
i) Zwischenbewegung am Ende der Systole - systolischer Reflux ?



Vorkommen bei klinisch gesunden Personen zu 40 % cranial, 5 % caudal (3). Eine verstärkte Refluxzacke kann Hinweis auf eine Strombehinderung (Struma z.B.) im aorten Gebiet sein, wo eine erhöhte Blutdruckamplitude das Vorwölben der Klappen in den Ventrikeln verstärkt (3). Eine Verstärkung der Refluxzacken nach Belastung kann nach Stumpf auch als Zeichen einer kontraktilen Dysfunktion verwertet werden (16).

4. Der Winkel γ

Um den Anteilen der verschiedenen Bewegungsformen am ganzen Herzrande Maße zu geben, hat Stumpf eine Gradeinteilung des Herzkymogramms vorgeschlagen (3).



Da nach den Angaben von Stumpf nur die Schwankungsbreite des Winkels γ in den physiologischen Fällen relativ gering ist und so diagnostisch verwertet werden kann, wurde hier auf die Ausmessung der anderen Winkel verzichtet.

Der Winkel gibt also Aufschluß über die relative Größe des linken Ventrikels in bezug auf das ganze Herz. Als Normalwert fand Stumpf bei Erwachsenen den Durchschnittswert von 43 Grad mit einer physiologischen Schwankung $\pm$ 4 Grad. Zur diagnostischen Bedeutung gibt die Literatur folgendes an: Vergrößerung des Winkels bei Linksinsuffizienz, also Dilatation der linken Kammer. Dann bei Hypertonie (50 - 55 Grad) und Mitralinsuffizienz. Verkleinerung des Winkels bei peripherer Sklerose mit niedrigem Blutdruck und bei Mitralstenose. Kienle schreibt zusammenfassend: "Die vergleichende Wertung des Winkels gibt Aufschluß über Änderungen des Dilatationszustandes des linken Ventrikels und des linken Vorhofs und ermöglicht wertvolle differentialdiagnostische Schlüsse, besonders bei Mitralvitien".

II. Die Auswertung des Untersuchungsmaterials nach den angeführten Gesichtspunkten

1. Untersuchungsgrundlagen

Der Untersuchung lagen 89 Ruhekymogramme und 85 Belastungskymogramme zugrunde. Die Auswertung erfolgte ohne die in der Literatur angegebenen zusätzlichen Apparate wie z.B. Phasenabtaster oder Densograph. Die Betrachtung der Form der Randzacken geschah unter der Lupe. Die Ausmessung der Randkurven nach ihren zeitlichen Verhältnissen wurde mit Hilfe eines Zirkels vorgenommen, wobei nach dem Vorschlag von Stumpf die Aortenpulsation als Bezugspunkt gewählt wurde.

2. Untersuchungsschema und Untersuchungsergebnis

a) Untersuchungsschema:

Darin aufgenommen wurden die folgenden von Stumpf beschriebenen kymographischen Kriterien: Zunächst das Bewegungsausmaß, abgegriffen an 7 Punkten von oben nach unten im Bereich des linken Herzrandes. - Daraus leiteten sich die Begriffe der mittleren Schlagamplitude und der Stumpftypen ab. - Weiterhin die Randzackenform und der Winkel γ.

Ausgewertet wurde dabei jeweils das Ruhe- und das Belastungskymogramm. Zusätzlich fand zu Vergleichszwecken noch das Herzvolumen im Schema Berücksichtigung.

b) Untersuchungsergebnis: siehe Anhang

3. Kritische Betrachtung des Untersuchungsergebnisses

Ausgehend von den Erfahrungen bei der optischen Auswertung der Kymogramme seien vorweg die Grenzen aufgezeigt, innerhalb welcher noch eine weitgehend objektive Betrachtungsweise möglich schien. Weiterhin soll anhand eines Vergleichs des Untersuchungsergebnisses mit den Normalwerten eine gewisse Selbstkontrolle der Arbeit durchgeführt werden. Vielleicht könnten Abweichungen darüber Hinweise geben, wo und in welchem Ausmaß Ungenauigkeiten in der Kymogrammanalyse zu erwarten sind. Erst an diese kritische Betrachtung schließt sich dann der Vergleich mit den Ergebnissen aus den Untersuchungen durch Ekg und Spiroergographie an.

a) Optische Probleme im Zusammenhang mit der Kymogrammauswertung

Bei der Untersuchung waren vielfache Schwierigkeiten zu überwinden. So wurde die Messung des Winkels α oft nur sehr skeptisch vorgenommen, da es sehr schwer fiel, die Grenze der einfachen Kammerhauptbewegungen zu den Mehrfachbewegungen des linken Vorhofs genau zu bestimmen. Es lagen dann auch von 74 gemessenen Werten nur 17 innerhalb der angegebenen Erwachsenennorm von $43 \pm 4^{\circ}$ und 57 Werte außerhalb dieser Breite. Besonders die obere Grenze wurde meist überschritten, d.h. die Übergangszone der Einfach- in die Mehrfachbewegungen wohl immer etwas zu weit cranial angesetzt. Da es aber nicht möglich schien, eine entsprechend objektive Messung des Winkels α zu erreichen, wurde auf die Berücksichtigung desselben im Rahmen der weiteren Untersuchung verzichtet.
Auch zur genauen Randzackenanalyse muß an dieser Stelle, um die Befunde im richtigen Licht wiederzugeben, allgemein folgendes vorweggenommen werden: Im Vergleich zu den Abmessungen der Bewegungsamplituden und der sich daraus ergebenden Festlegung der Stumpf-Typen fand sich der Untersucher bei der Randzackenbeurteilung schwerer zurecht. Die Betrachtung unter der Lupe half oft nicht weiter und auch die Herstellung einer exakten Zeitbeziehung zu Systolenbeginn (Beginn der Lateralbewegung der Aorta) und Systolenende (Aorteninzisur) allein mit Hilfe des Zirkels machte besonders bei Tachycardien, wo die abgegriffenen Strecken sehr klein werden,

des öfteren Schwierigkeiten. So darf es insgesamt nicht verwundern, wenn die Randzackenbefunde nicht ganz die Vielfalt aufweisen, wie sie etwa in der Übersicht von Stumpf (3) gegeben ist. Denn diese Befunde wurden in Verbindung mit der Densogrammschreibweise erstellt, die eine genauere Analyse und zeitliche Differenzierung ermöglicht. Andererseits muß aber gesagt werden, daß die Mehrzahl der in der Literatur beschriebenen Kurvenmerkmale auch in diesem Untersuchungsgut beobachtet wurden.

b) Vergleich des Untersuchungsergebnisses mit den von Stumpf angegebenen Normalwerten

Obwohl sich der Untersucher darüber im Klaren war, daß die dieser Arbeit zugrundeliegenden Kymogramme nicht durchweg von einem klinisch unauffälligen Krankengut stammten, wurde dieser Vergleich angestellt. Es sollte nämlich nur ein Aufschluß darüber erbracht werden, ob grundsätzliche Abweichungen im Untersuchungsergebnis vorlagen.

Betrachtet man nun das Untersuchungsergebnis, insbesondere Bewegungsamplitude, Bewegungsraum und Randzackenbefund, genauer im Vergleich mit den angegebenen Normalwerten und in bereits beschriebenen Beziehungen zum Herzvolumen, so kommt man zu folgenden Feststellungen:

α) Was die mittlere Bewegungsamplitude betrifft, sieht man eine gute Übereinstimmung mit den Literaturangaben. In die von Stumpf angegebene physiologische Schwankungsbreite von 2,5 - 6 mm fielen bei dieser Untersuchung von den insgesamt 89 gemessenen Werten der Ruhekymogramme 67 = 75,3 %. Unter 2,5 mm lagen 21 Fälle, nur einmal wurde eine Amplitude von mehr als 6 mm beobachtet.

β) Die Verteilung der Stumpf-Typen ist dagegen doch recht stark von den gefundenen Normwerten Stumpfs abgewichen.

Stumpf-Typ I:	hier 15,1 % bei Stumpf:	60 %
Stumpf-Typ II:	hier 37,2 % bei Stumpf:	20 %
Stumpf-Typ I/II:	hier 47,6 % bei Stumpf:	20 %

Selbst wenn man berücksichtigt, daß diese Untersuchungsreihe eine größere Anzahl pathologischer Fälle enthielt, fällt doch ein sehr geringer Anteil von Stumpf-Typen I und der hohe Anteil an Mischtypen auf. Dieses Ergebnis kann nun aber sehr gut auch als Ausdruck des Dilemmas gesehen werden, in welchem sich der Untersucher befand, wenn eine Entscheidung für einen

Stumpf-Typ schwerfiel und dann eben ein gemischter Typ angenommen wurde. Es liegt also nahe, daß diese starke Abweichung überwiegend als Folge einer für den Untersucher schwer zu umgehenden subjektiven Betrachtungsweise entstand.
Aufgrund der kymographischen Erkenntnis, die besagt, daß vor allem der Typenausbildung nach Belastung größere diagnostische Bedeutung zukommt, soll im Folgenden ermittelt werden, ob anhand dieser Betrachtungsweise die große Anzahl der im Stumpf-Typ indifferenten Fälle geringer ist.

Es fand sich in 40 Fällen = 47 % eine günstige Beziehung der Stumpf-Typen vor und nach Belastung:

Stumpf-Typ vor Belastung /nach Belastung	Anzahl der Fälle
I/I	7
II/I	4
I-II/I	12
II/I-II	17

In insgesamt 22 Fällen = 26 % wurde eine ungünstige Beziehung beobachtet:

II/II	11
I/II	1
I-II/II	5
I/I-II	5

In 23 Fällen, also bei 27 %, war die Beziehung indifferent I-II/I-II, wodurch eine Zuordnung zu funktionsstark oder funktionsschwach nicht möglich war. Immerhin konnte durch die Berücksichtigung der Typenausbildung nach Belastung die hohe Anzahl der bezüglich des Stumpf-Typs indifferenten Kymogramme deutlich verringert werden.

f) Vergleicht man die Befunde der Randzackenanalyse mit den Angaben aus der Literatur, so kann gesagt werden, daß die beschriebenen Formen auch in diesem Untersuchungsgut unter der bereits weiter oben gemachten Einschränkung zum Großteil registriert werden konnten. Es wurde in 62 von 89 Fällen, das entspricht 67,5 %, ein Randzackenbefund erhoben, der in irgendeiner Form von der ganz normalen einfachen Kammerhauptbewegung abwich. Auf die verschiedenen Merkmale verteilten sich die Befunde wie folgt:

20 Aufsplitterungen im lateralen oder medialen Schenkel,
das entspricht: in 22 % aller Kymogramme,

17 systolische Refluxzacken,
das entspricht: in 18 % aller Kymogramme,

17 laterale Plateau (davon 1 auch nach Belastung),
das entspricht: in 18 % aller Kymogramme,

11 stumme Zonen (davon 4 auch nach Belastung),
das entspricht: in 13 % aller Kymogramme,

9 mediale Plateau,
das entspricht: in 10 % aller Kymogramme,

4 Schleuderzacken,
das entspricht: in 4,5 % aller Kymogramme,

3 Kamelbuckel,
das entspricht: in 3,3 % aller Kymogramme,

2 systolische Lateralbewegungen,
das entspricht: in 2,2 % aller Kymogramme.

Die aufgeführten Befunde waren in vielen Fällen im Ruhe- und Belastungskymogramm oftmals aber auch nur in einem der beiden gemacht worden. An Vergleichszahlen zum Vorkommen der Merkmale in der Durchschnittsbevölkerung ist nur bei Stumpf die Angabe zu finden, daß die systolischen Refluxzahlen in 45 % der Fälle zur Beobachtung kamen. Hinweise der Literatur auf die pathologische Wertigkeit der verschiedenen Randkurvenformen wurden vorausgehend bereits angegeben. Was sich im Rahmen dieser Arbeit dazu beitragen läßt, wird anschließend in der Vergleichsuntersuchung mit Spiroergographie und Ekg ermittelt.

d) Nur am Rande soll noch auf die Beziehungen kymographischer Befunde zum Herzvolumen eingegangen werden, nachdem bei Stumpf darüber zu lesen ist. So schreibt er z.B., daß sich die kleineren Werte der mittleren Schlagamplitude mehr den relativ großen Herzen zuordnen lassen, während die größeren Schlagamplituden mehr bei den kleineren Herzen zu finden sind. Die Tendenz zu einem solchen Zusammenhang ergab sich auch in der folgenden Aufstellung, wobei für jeden Schlagamplitudenbereich der Durchschnittswert der entsprechenden Herzvolumina und der oberste und unterste Grenzwert eingetragen sind.

Mittlere Bewegungsamplitude		durchschnittliches Herzvolumen bzw. Grenzen
7 Fälle	1 - 2 mm	960 cm^3 (1420-744 cm^3)
27 Fälle	2 - 3 mm	801 cm^3 (1028-600 cm^3)
24 Fälle	3 - 4 mm	818 cm^3 (1050-610 cm^3)
17 Fälle	4 - 5 mm	765 cm^3 (966-578 cm^3)
9 Fälle	5 - 6 mm	887 cm^3 (1200-719 cm^3)

Eine Parallele zu der Feststellung Stumpfs, daß unter den Stumpf-Typen II auffallend viele an der oberen Grenze der Norm der Herzgröße liegen, war aus der Zusammenstellung unten nicht deutlich abzuleiten.

Herzvolumenbereich	Stumpf-Typ I	Stumpf-Typ II
	prozentuale Verteilung pro entsprechendem Volumenbereich	
600 - 700 cm^3	7,6 %	18,6 %
700 - 800 cm^3	22,8 %	27,9 %
800 - 900 cm^3	53,2 %	34,1 %
900 - 1000 cm^3	7,6 %	3,1 %
1000 und mehr cm^3	7,6 %	15,5 %

III. Vergleich der Kymogrammbefunde mit den Ergebnissen aus der Untersuchung durch Spiroergographie und Ekg

Anhand dieses Vergleichs soll versucht werden Aufschluß darüber zu bekommen, inwieweit diese 3 Untersuchungsmethoden des Herzens und des Kreislaufs zu ähnlichen Ergebnissen führen. Da es physiologisch grundverschiedene Vorgänge sind, die in den Verfahren registriert werden, darf von vornherein keine vollkommene Übereinstimmung erwartet werden. Das Ekg zeigt uns die elektrischen Erregungspotentiale am Herzmuskel, das Kymogramm zeichnet direkt die Bewegungen des Herzens auf, und das Ergebnis der Spiroergographie setzt sich aus den komplexen Vorgängen der Kreislaufregulation und der Sauerstoffverwertung zusammen. Es werden also Teilfunktionen in einem größeren Ganzen erfaßt, und je nach Sitz der Primärstörung müssen die Befunde der verschiedenen Untersuchungsmethoden auseinandergehen.

Das Untersuchungsziel besteht also in der Beantwortung der Frage, ob und inwieweit kymographische Befunde durch die bewährten Verfahren bestätigt werden können.
Aus methodischen Erwägungen erwies es sich als zweckmäßig, die Befunde der Spiroergographie und des Ekg zusammenzufassen. Ein isolierter Vergleich der Kymogrammbefunde mit Ekg bzw. Spiroergographie erschien gemessen an der Ausgangsfrage der Untersuchung als wenig sinnvoll. Ebenso sprachen theoretische Überlegungen und die Empirie[1)], daß sich Ekg und Spiroergographie ergänzen, gegen ein derartiges Vorgehen.
Eine Differenzierung im Vergleich bot sich stattdessen auf der Seite des Kymogrammverfahrens an. Um den charakteristischen Merkmalen der Kymogrammanalyse Rechnung zu tragen - in der Literatur wird den verschiedenen Kymogrammbefunden ein unterschiedliches diagnostisches Gewicht beigemessen - zeigte sich dies sogar als erforderlich. Getrennt in 3 Gruppen wurden sodann dem Vergleich unterzogen:

1. Stumpf-Typ Diagnosen
2. Die Randzackenbefunde
3. Die mittlere Schlagamplitude unter 2 mm

1. Vergleich der Funktionsdiagnosen des Herzens aus der Stumpf-Typen-Beziehung vor und nach Belastung mit den Spiroergographie- und Ekg-Befunden

Die Funktionsdiagnosen im Zusammenhang mit den Belastungskymogrammen mußten aufgrund der Literaturangaben den Funktionsdiagnosen allein aus den Ruhekymogrammen überlegen sein. Aus dieser Sicht und unter Berücksichtigung des Umstandes, daß, wie beschrieben, im Ruhekymogramm in nahezu der Hälfte der Fälle keine eindeutige Differenzierung in Stumpf-Typ I oder II vorgenommen werden konnte, schien diese Betrachtungsweise der Aufgabenstellung am ehesten gerecht zu werden.

Kymogramm funktionsschwach, abgeleitet aus den Stumpf-Typen Beziehungen:	II/II	
	I/II	
	I-II/II	
	I/I-II	22 Fälle
Spiroergogramm: eingeschränkte Leistungsfähigkeit bzw. Ekg: pathologischer Befund		35 Fälle
Übereinstimmung in		8 Fällen

1) Siehe Anhang, Seite 52

Kymogramm funktionsstark, abgeleitet aus den Stumpf-Typen Beziehungen:

I/I
II/I
I-II/I
II/I-II 40 Fälle

Spiroergographie: normale bzw. gute Leistungsfähigkeit bzw. Ekg: kein pathologischer Befund 50 Fälle

Übereinstimmung in 19 Fällen

In Analogie zu dem Vorgehen oben in der Fußnote (Seite 30) wurden auch hier die rein zufälligen Häufungsquoten sich entsprechender Befunde der Kymographie und der Spiroergographie bzw. der Elektrokardiographie ermittelt. Danach kommt folgendes Ergebnis zustande:

Gruppe: funktionsschwach

Übereinstimmung von Kymogramm mir Spiroergogramm bzw. Ekg in 8 Fällen

Zufällige Häufungen sich entsprechender Befunde der Untersuchungsmethoden auf die gleiche Person zu erwarten in 9 Fällen

Gruppe: funktionsstark

Übereinstimmung von Kymogramm mit Spiroergogramm bzw. Ekg in 19 Fällen

Zufällige Häufung sich entsprechender Befunde der Untersuchungsmethoden auf die gleiche Person zu erwarten in 24 Fällen

Anhand dieses Ergebnisses ist demzufolge keine auch nur geringste Tendenz einer Übereinstimmung von Diagnosen aus den Stumpftypen Beziehungen und der Spiroergographie bzw. Ekg nachzuweisen. Das betrifft sowohl die Gruppe funktionsschwach, als auch die Gruppe funktionsstark.
Auf die Frage aber, ob eventuell eine bestimmte Beziehung der Stumpf-Typen vor und nach Belastung besser mit den Befunden der Vergleichsverfahren korreliert, soll anschließende Betrachtung Antwort geben. Zu diesem

Zweck wurden aus jeder Gruppe, aufgeteilt nach den einzelnen Stumpf-Typen-Beziehungen, die übereinstimmenden Fälle den abweichenden Fällen gegenübergestellt.

Gruppe:funktionsschwach

Stumpf-Typen-Beziehung	II/II	I/II	I/I-II	I/II/II
übereinstimmende Fälle 8	5	0	1	2
abweichende Fälle 14	6	1	4	3

Gruppe: funktionsstark

Stumpf-Typen-Beziehung	I/I	II/I	I-II/I	II/I-II
übereinstimmende Fälle 19	4	3	4	8
abweichende Fälle 21	3	1	8	9

Aus diesen Tabellen ergibt sich, daß alle Stumpf-Typen-Beziehungen abweichende Fälle aufweisen. Darüber hinaus fällt jeder Stumpf-Typen-Beziehung entsprechend ihrer Häufigkeit des Vorkommens im Untersuchungsgut relativ gleichmäßig viele übereinstimmende als auch abweichende Fälle zu. Lediglich die Stumpf-Typen-Beziehung II/I scheint eine Tendenz zu zeigen, eher mit dem Spiroergographie- bzw. Ekg-Befund übereinzustimmen als davon abzuweichen. Zu letzterem muß aber eine verbindlichere Aussage schon allein aufgrund der geringen Anzahl der Fälle unterbleiben.
Zusammenfassend läßt sich damit zumindest anhand dieser Untersuchungen für keine Stumpf-Typen-Beziehung ein engerer Zusammenhang mit den Ergebnissen der Spiroergographie bzw. des Ekg nachweisen

2. Vergleich der Randzackenbefunde mit der Spiroergo- bzw. der Elektrocardiographie

Im Anschluß an die soeben durchgeführte Untersuchung der Stumpf-Typen-Diagnosen soll jetzt auf die Randzackenanalyse eingegangen werden.
Unter Randzackenbefund soll im Folgenden jede Abweichung von der einfachen

Hakenform der Kammerhauptbewegung des linken Herzrandes verstanden werden.
Wie man aus der Literatur entnehmen kann, gelten nur ganz wenige Befunde wie laterales Plateau, stumme Zone, systolische Lateralbewegung, und selbst diese nicht ohne Einschränkung, als einigermaßen pathologisch. Alle anderen Randzackenbefunde werden im Schrifttum auch bei Herzgesunden in größerem Ausmaß vorkommend beschrieben. Diese Tatsache spiegelt sich sehr gut in der anschließenden Aufstellung wider:

Spiroergographie allein positiv = eingeschränkte Leistungsfähigkeit	6 Fälle
Ekg allein positiv = pathologischer Befund	4 Fälle
Randzackenbefund allein positiv = Abweichung von der einfachen Hakenform	38 Fälle

Hieraus geht klar hervor, daß die Kymogramme bezüglich der Randzackenanalyse weitaus am meisten Befunde aufwiesen, die durch die vergleichenden Verfahren nicht als krankhaft bestätigt wurden.
Es wurden als nächstes diese 38 Fälle näher betrachtet, bei denen also trotz unauffälliger Electrocardio- und Spiroergographie ein Randzackenbefund zur Beobachtung kam. In Anzahl und Form fanden sich darunter folgende Befunde:

Aufsplitterung in der Medial- oder Lateralbewegung	16
Schleuderzacken	3
Mediales Plateau	6
Systolische Refluxzacken	8
Laterales Plateau vor Belastung/nach Belastung	12/1
Stumme Zonen vor Belastung/nach Belastung	5/o
Systolische Lateralbewegungen	0

Nahezu allen in obiger Gruppe aufgetauchten Randzackenbefunden kommt in der Literatur keine unbedingt pathologische Bedeutung zu. Nur im Fall 24

fand sich vor Belastung eine "stumme Zone", in deren Bereich nach Belastung ein deutliches "laterales Plateau" bestehen blieb. Dieser Befund war nun aus kymographischer Sicht als weitgehend krankhaft anzusprechen. Obwohl sich hier im Ekg und Spiroergogramm kein Anhalt für eine gestörte Herzfunktion ergab, konnte schließlich der Verdacht darauf, aufgrund eines Herzvolumens von 1082 cm^3 bei einer Ruhehypertonie und deutlicher hypertoner Belastungsreaktion nicht ganz ausgeschlossen werden.

Auch noch in einigen anderen Fällen dieser Gruppe wurden außer den Randzackenbefunden bei fehlenden Hinweisen des Ekg und der Spiroergographie Hypertonien registriert. Da aber die betreffenden Randzackenformen (Aufsplitterungen in der Medial- und Lateralbewegung, systolische Refluxzacken, mediales Plateau) auch häufig bei Normotonen angetroffen wurden, mußte hierbei auf irgendwelche Rückschlüsse verzichtet werden.

Wesentlich scheint an dieser Stelle aber die Feststellung, daß unter den zuletzt zusammengestellten Fällen, ausgenommen den Fall 24, die kymographisch schwerwiegenden Befunde des lateralen Plateaus nach Belastung, der stummen Zone nach Belastung sowie die systolische Lateralbewegung nicht vorkamen.

Zu weiteren Vergleichszwecken wurden nun der letzten Gruppe alle die Randzackenbefunde gegenübergestellt, die im Zusammenhang mit pathologischen Aussagen des Ekg oder des Sprioergogramms auftraten. Das war in 24 Kymogrammen der Fall. Es wurden gefunden:

Aufsplitterung in der Medial- oder Lateralbewegung	8
Schleuderzacken	1
Mediales Plateau	3
Systolische Refluxzacken	8
Kamelbuckel	1
Laterales Plateau vor Belastung/nach Belastung	4/0
Stumme Zonen vor Belastung/nach Belastung	6/4
Systolische Lateralbewegungen vor/ nach Belastung	1/1

In dieser Gruppe fällt gegenüber der anderen auf, daß in 4 Fällen eine stumme Zone nach Belastung und in 1 Fall eine systolische Lateralbewegung registriert wurde. Diese damit von kymographischer Seite schon als weitgehend pathologisch zu betrachtenden Befunde konnten also durchweg mit den Ergebnissen der Vergleichsverfahren bekräftigt werden.

Bezüglich der übrigen Randzackenbefunde kann nur die Feststellung getroffen werden, daß sie sowohl bei Herzgesunden, als auch bei gestörten Kreislaufverhältnissen, und zwar relativ gleichmäßig verteilt, gefunden wurden. Diese Tatsache entspricht auch dem Zusammenfallen der Randzakkenbefunde mit pathologischen Befunden der Vergleichsverfahren in nur 24 Fällen. Denn bei der Anzahl von 62 Randzackenbefunden und 35 pathologischen Spiroergogrammen bzw. Ekg-Befunden bei 89 untersuchten Personen war die rein zufällige Häufung entsprechender Befunde in 25 Fällen zu erwarten. Jedenfalls wäre wohl jeglicher Versuch, einem jener Randzackenbefunde eine pathologische Bedeutung zumessen zu wollen, wenigstens im Rahmen dieser Untersuchungsreihe unter den beschriebenen Untersuchungsbedingungen, eine Spekulation.

3. Vergleich der Fälle mit einer mittleren Bewegungsamplitude unter 2 mm mit den Befunden aus Ekg bzw. Spiroergographie

Zum Abschluß der vergleichenden Untersuchungen soll noch auf diese Fälle eingegangen werden, da Stumpf eine mittlere Bewegungsamplitude unter 2 mm als stets pathologisches Zeichen anführt. Die betreffenden Befunde sind auf der nächsten Seite in Form einer Tabelle zusammengestellt.

Aus der Tabelle geht hervor, daß eine mittlere Bewegungsamplitude unter 2 mm in 4 Fällen von 6 zusammen mit pathologischen Befunden der Vergleichsuntersuchung auftrat. In den beiden restlichen Fällen wies die Spiroergographie aber auf eine überdurchschnittlich gute Kreislauffunktion hin.

	Mittlere Bewegungsamplitude vor/nach Belastung	Sprioergographie	Ekg	Sonstiges
Fall 5	1,3 mm/1,3 mm	normale Leistungsfähigkeit	Zeichen der Linkshypertonie	Ruhehypertonie und hypertone Belastungsreakt. Herzvolumen 1100 cm^3
Fall 10	1,7 mm/4,4 mm	sehr gute Leistungsfähigkeit	o.B.	--
Fall 36	1,6 mm/3,6 mm	nicht durchführbar	Erregungsrückbildungsstörung	Zustand nach Hinterwandinfarkt
Fall 37	1,4 mm/1,8 mm	--	--	Pericarditis chronica
Fall 40	1,8 mm/2,6 mm	eingeschränkte Leistungsfähigkeit	--	Ruhehypertonie und hypertone Belastungsreakt. Herzvolumen 1420 cm^3
Fall 45	1,9 mm/2,0 mm	sehr gute Leistungsfähigkeit	o.B.	--

In der Vergleichsuntersuchung wurden bislang die verschiedenen Randzackenmerkmale getrennt den Spiroergogrammen bzw. den Elektrocardiogrammen gegenübergestellt. Im Anschluß daran lag es nahe, auch kymographische Befundkombinationen in den Vergleich aufzunehmen. Infolge der hohen Anzahl der kymographischen Merkmale bietet sich dafür eine Unzahl von Befundkombinationen an. Aufgrund der Vorergebnisse und der Literaturangaben, die den Großteil der Merkmale auch als Normvarianten der Herzbewegung ausweisen, schien diese Betrachtungsweise nur für jene Befundkombination sinnvoll, welche einigermaßen häufig im Untersuchungsgut auftrat und zugleich aber auch relativ schwerwiegende kymographische Merkmale vereinigte.

Folgende Befundkombination sollte sodann noch im Vergleich berücksichtigt werden:

1. Abnahme der Bewegungsamplitude nach caudal
   = Stumpftyp II
2. "Laterales Plateau" bzw. "Stumme Zone" caudal
3. Aufsplitterungen

In 5 Fällen war ein solches Zusammenfallen von Befunden gegeben:

Fall	Ekg	Spiroergogramm	Blutdruck
5	Linkshypertrophie	o.B.	Hypertonie
24	o.B.	o.B.	Hypertonie
55	o.B.	patholog. Befund	o.B.
77	o.B.	o.B.	o.B.
81	o.B.	patholog. Befund	o.B.

Es zeigt sich somit, daß beim gleichzeitigen Vorliegen der genannten kymographischen Merkmale in 4 von 5 Fällen ein sicher pathologisches Kreislaufverhalten gegeben war. Dabei handelte es sich in 2 Fällen um Hypertonien, die allerdings nur in 1 Fall bereits zu einer elektrocardiographisch faßbaren Linkshypertrophie geführt hatten.

Zusammenfassung:

Thema: Flächenkymographische Untersuchungen am linken Herzrand beim liegenden Patienten mit Berücksichtigung des Belastungskymogrammes. Eine Auswertung von 174 Flächenkymogrammen mit den wichtigsten Erkenntnissen der Flächenkymographie nach Stumpf und ein Vergleich mit Ergebnissen der Spiroergographie und der Elektrocardiographie.

Der Untersuchung lagen 89 Ruhe- und 85 Belastungskymogramme zugrunde. Das Untersuchungsgut setzte sich aus Personen im Alter zwischen 20 und 60 Jahren zusammen, die im größeren Teil der Fälle sowohl bei der klinischen Untersuchung als auch im Ekg und bei der Spiroergographie keine pathologischen Befunde aufwiesen.

Die Auswertung der Kymogramme erfolgte durch Betrachtung der Randzacken unter der Lupe. Die Ausmessung der Randkurven nach ihren zeitlichen Verhältnissen zur Herzaktion wurde mit Hilfe des Zirkels vorgenommen, wobei nach dem Vorschlag Stumpfs die Aortenpulsation als Bezugspunkt gewählt wurde.

Aufgrund der Auswertung der Flächenkymogramme waren, z.T. vergleichend zu den Literaturangaben, folgende Feststellungen zu treffen:

1. Die Betrachtung der Randzacken unter der Lupe war gegenüber der Betrachtung mit bloßem Auge kaum von Vorteil.

2. Die Möglichkeit einer zeitlichen Analyse der Randzacken in bezug auf die Herzaktion allein mit Hilfe des Zirkels schien nur für die grobe Differenzierung systolische Medial- oder Lateralbewegung, und selbst da nicht ohne Einschränkung, gegeben.

3. Der Winkel γ:

Der für die Messung des Winkels γ entscheidende Übergang der einfachen Kammerhauptbewegung in die Mehrfachbewegungen des Vorhofs konnte in der Mehrzahl der Fälle nicht genau festgelegt werden. Eine objektiv exakte Bestimmung dieses Punktes unter der optischen Fehlergrenze von ca. $\pm 3^{o}$, was aber bereits die ganze physiologische Schwankungsbreite um den angegebenen Normalwert von 43^{o} bedeutet, war dem Untersucher nicht möglich.

Von 74 gemessenen Werten lagen dann auch 57 (77%) außerhalb der von

Stumpf angegebenen Erwachsenennormen. Darüberhinaus wichen die gemessenen Winkel der Ruhekymogramme von denen der Belastungskymogramme oft erheblich ab. Aufgrund dieser Diskrepanzen und der schon erwähnten fragwürdigen Festlegung der Kammervorhofgrenze anhand des Umschlagpunktes der Randzackenform mußte von der Verwertung des Winkels in der Vergleichsuntersuchung abgesehen werden.

4. Die mittlere Bewegungsamplitude:

Für die mittlere Bewegungsamplitude ergab sich eine gute Übereinstimmung mit den Literaturangaben. 75% der Werte fielen in die von Stumpf beschriebene physiologische Schwankungsbreite von 2,5 bis 6 mm.

Die von Stumpf beobachtete Tendenz der Abnahme der mittleren Bewegungsamplitude mit der Zunahme des Herzvolumens war auch im Rahmen dieses Untersuchungsgutes bei wenigen Ausnahmen nachzuweisen.

5. Die Stumpftypen

a) Eine eindeutige Differenzierung in die Stumpftypen I oder II konnte in fast der Hälfte der Kymogramme nicht vorgenommen werden, so daß 48% Mischtypen zu verzeichnen waren. Stumpf dagegen gibt für die Durchschnittsbevölkerung nur 20% Mischtypen an.

b) Unter der Berücksichtigung des Belastungskymogrammes blieb nur noch in 25% der Fälle die für die Herzfunktionsdiagnose indifferente Beziehung der Stumpftypen - Mischtyp vor Belastung/ Mischtyp nach Belastung - bestehen.

c) Eine Parallele zu der Feststellung Stumpfs, daß unter den Stumpf II Typen auffallend viele an der oberen Grenze der Norm der Herzgröße liegen, war aus dieser Untersuchungsreihe nicht abzuleiten.

6. Die Randzackenformen:

Die Randzackenanalyse erbrachte in 67,5% der Fälle einen positiven Befund, d.h. eine Randzackenform, die in irgendeiner Weise von der ganz einfachen Hakenform der Kammerhauptbewegung abwich. Insgesamt kam der Großteil der in der Literatur beschriebenen Randkurvenmerkmale zur Beobachtung.

Anhand der Vergleichsuntersuchung mit den bewährten Verfahren der Elektrocardiographie und der Spiroergographie sollte die diagnostische Aussagekraft der verschiedenen kymographischen Befunde geprüft werden. Dazu sind folgende Ergebnisse anzuführen:

1. Die mittlere Bewegungsamplitude:

Bei einer mittleren Bewegungsamplitude unter 2 mm lag entweder ein pathologischer Befund von der Vergleichsuntersuchung oder eine überdurchschnittliche gute Kreislauffunktion vor. Diese Tatsache entspricht den Erfahrungen Stumpfs bzw. den typischen Befunden, wie sie Reindell u.a. am Sportherz beobachteten.

2. Die Stumpftypen:

Für die Funktionsdiagnosen aus den Stumpftypen (Typ I = gute Leistungsfähigkeit, Typ II = schlechtere Leistungsfähigkeit) fand sich kein auch nur wahrscheinlicher Zusammenhang mit den Aussagen des Elektrocardiogrammes bzw. des Spiroergogrammes. Das gleiche gilt auch unter Berücksichtigung des Belastungskymogrammes (nach Belastung Merkmalausbildung mehr in Richtung auf einen Typ I = günstiger Befund, nach Belastung Merkmalausbildung mehr in Richtung auf einen Typ II = ungünstiger Befund). Lediglich für die Fälle mit einem deutlichen Stumpftyp II nach Belastung läßt sich sagen, daß sie vermehrt mit pathologischen Befunden der Vergleichsuntersuchung einhergingen.

3. Die Randzackenformen:

61% aller positiven Randzackenbefunde (d.h. Abweichung von der einfachen Hakenform) verteilten sich auf Untersuchungspersonen, die im Elektrocardiogramm oder im Spiroergogramm keine pathologischen Befunde aufwiesen. Aufgrund dieser Tatsache und der bereits oben festgestellten Häufigkeit der Randzackenbefunde kann allein das Abweichen der Randzackenform von der einfachen Hakenform im Bereich der linken Kammer noch nicht als irgendein Hinweis für eine krankhafte Bewegungsäußerung des Herzens gewertet werden.

Die Randzackenbefunde in Form des "lateralen Plateaus" nach Belastung, der "stummen Zone" nach Belastung sowie der "systolischen Lateralbewegung" waren dagegen ausnahmslos mit pathologischen Befunden der Vergleichsuntersuchung verbunden. Dabei war die Befundkombination eines Stumpftyp II mit einem lateralen Plateau caudal bzw. einer stummen Zone caudal sowie Aufsplitterungen auffallend häufig gegeben.

Für keine aller übrigen Randzackenformen, die im Rahmen dieser Arbeit registriert wurden, war anhand der Vergleichsuntersuchung eine pathologische Bedeutung abzuleiten.

ANHANG

Fall	mittlere Bewegungsamplitude		Stumpftyp		Randzackenform		Winkel α		Herzvolumen
	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastung	nach Belastung	vor Belastg.	nach Belastg.	
1	6,1 mm	4,8 mm	I/II	I/II	o. B.	o. B.	46°	47°	835 cm^3
2	5,6	nicht vorhand.	II	nicht vorhand.	LP	nicht vorhand.	58°	nicht vorhand.	1200
3	5,1	4,1	I/II	I/II	o. B.	o. B.	54°	52°	759
4	4,8	2,5	I/II	I/II	AS geg. d. Spitze zu	nicht z. beurt.	51°	-	832
5	1,3	1,3	II	I/II	AS basiswärts gegen d. Spitze STZ	nicht z. beurt.	39°	-	1100
6	3,6	3,6	I/II	I/II	MP spitzenwärts	nicht z. beurt.	56°	-	730
7	2,6	3,5	I/II	I/II	o. B.	o. B.	55°	54°	812
8	2,5	2,1	II	I/II	o. B.	o. B.	55°	-	943
9	2,6	nicht vorhand.	I/II	nicht vorhand.	spitzenwärts MP + SRZ	nicht vorhanden	nicht meßbar	-	827
10	1,7	4,4	II	I/II	basiswärts LP, Mitte STZ	o. B.	-	57°	776

Fall	mittlere Bewegungsamplitude vor Belastg.	nach Belastg.	Stumpftyp vor Belastg.	nach Belastg.	Randzackenform vor Belastung	nach Belastung	Winkel β vor Belastg.	nach Belastg.	Herzvolumen
11	2,1 mm	2,8	II	I/II	an der Spitze STZ	o. B.	45°	46°	744 cm^3
12	2,7	nicht vorh.	I/II	nicht vorh.	spitzenwärts AS	nicht vorhanden	45°	-	727
13	2,0	2,6	II	II	LP basiswärts	o. B.	-	-	780
14	4,3	4,1	I/II	I/II	LP angedeutet	AS spitzenwärts	-	-	788
15	5,9	4,9	I	I/II	o. B.	SRZ	45°	41°	669
16	2,6	3,7	I/II	I/II	o. B.	SRZ	80°	-	719
17	4,1	5,0	I/II	II	o. B.	SRZ basiswärts, AS spitzenwärts	53°	51°	765
18	5,0	7,4	I	I/II	LP	spitzenwärts	54°	54°	754
19	3,7	2,6	I/II	II	AS	AS	57°	58°	800
20	2,1	2,3	II	I/II	spitzenwärts STZ	o. B.	56°	56°	855
21	4,5	6,0	I/II	I/II	Schleuderzacken	SRZ	-	-	800

Fall	mittlere Bewegungsamplitude		Stumpftyp		Randzackenform		Winkel γ		Herzvolumen
	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastung	nach Belastung	vor Belastg.	nach Belastg.	
22	2,6 mm	2,2 mm	I/II	I/II	Stufe in der Medialbewegung	nicht zu beurteilen	52°	-	737 cm^3
23	2,3	2,6	II	I	LP spitzenwärts STZ	o. B.	43°	40°	691
24	2,0	3,3	II	II	spitzenwärts STZ	LP mit AS	-	-	1028
25	4,4	4,0	I	II	basiswärts MP spitzenwärts AS	o. B.	54°	60°	869
26	2,0	3,5	I/II	I/II	o. B.	o. B.	54°	-	934
27	2,5	2,8	II	I/II	o. B.	o. B.	44°	52°	730
28	2,2	4,4	I/II	I	o. B.	o. B.	54°	52°	744
29	4,2	4,0	II	I	o. B.	SRZ	56°	-	640
30	4,8	3,3	I/II	I	o. B.	SRZ	57°	52°	781
31	3,3	3,8	I/II	I	o. B.	SRZ	-	-	700
32	3,3	4,8	I	I	o. B.		-	-	1050
33	5,0	4,5	I/II	I/II	o. B.	SRZ	55°	-	900
34	5,3	6,3	I/II	I	o. B.	o. B.	52°	50°	800

Fall	mittlere Bewegungs-amplitude		Stumpftyp		Randzackenform		Winkel γ		Herzvolumen
	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastung	nach Belastung	vor Belastg.	nach Belastg.	
35	3,7 mm	3,1 mm	II	I/II	spitzenwärts LP	SRZ	-	-	-
36	1,6	3,6	II	II	basiswärts SRZ spitzenwärts STR	basiswärts SRZ spitzen-wärts STZ	55°	57°	1077
37	1,4	1,8	II	II	nicht zu beurt.	nicht z. beurt.	58°	58°	800
38	2,7	3,3	I	I	AS in der Lateralbewegung	AS in der Lateralbe-wegung	58°	-	878
39	3	3	I/II	I/II	o. B.	o. B.	-	-	723
40	1,8	2,6	II	II	spitzenwärts STZ + SLB	spitzenwärts STZ	52°	-	1420
41	2,2	3,0	I/II	I	MP	o. B.	58°	60°	600
42	4,3	3,3	I/II	I/II	spitzenwärts AS	basiswärts Schleuder-zacken spitzen-wärts AS	55°	54°	-

Fall	mittlere Bewegungsamplitude		Stumpftyp		Randzackenform		Winkel γ		Herzvolumen
	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastung	nach Belastung	vor Belastg.	nach Belastg.	
43	2,5 mm	1,5 mm	I/II	I/II	spitzenwärts LP	nicht zu beurteil.	-52°	50°	608 cm^3
44	3,5	3,3	I	I/II	basiswärts Schleuderzacken spitzenwärts MP	spitzenwärts MP	56°	53°	855
45	1,9	2,0	I/II	I/II	o. B.	o. B.	45°	40°	815
46	2,3	nicht zu beurt.	I/II	I/II	nicht zu beurt.	AS	40°	-	744
47	4,0	nicht vorh.	II	nicht vorh.	o. B.	nicht vorh.	47°	-	870
48	3,0	3,5	II	I/II	MP	o. B.	50°	50°	858
49	4,4	3,3	I/II	I/II	o. B.	basiswärts SRZ	50°	50°	966
50	2,7	4,0	II	I	MP + LP	o. B.	50°	45°	630
51	2,5	2,9	I/II	I	Schleuderzacken	o. B.	55°	60°	828
52	2,2	2,0	I/II	I/II	spitzenwärts MP	AS in der Lateralbewegung	55°	46°	801

Fall	mittlere Bewegungsamplitude		Stumpftyp		Randzackenform		Winkel α		Herzvolumen
	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastung	nach Belastung	vor Belastg.	nach Belastg.	
53	2,2 mm	2,0 mm	I	I/II	o.B.	AS in der Lateralbewegung	33^{o}	-	629 cm^3
54	3,0	4,2	II	I/II	spitzenwärts STZ	o.B.	55^{o}	50^{o}	841
55	2,1	2,0	II	II	o.B.	AS i.d.Medialbewegg.	48^{o}	-	830
56	6	4,8	I/II	I	LP	o.B.	55^{o}	-	825
57	5,7	4,2	I/II	I	o.B.	o.B.	56^{o}	45^{o}	1020
58	2,8	4,1	I	I	o.B.	o.B.	35^{o}	30^{o}	830
59	4,6	4,6	I/II	I/II	o.B.	o.B.	56^{o}	55^{o}	650
60	4,8	3,5	I	I	o.B.	AS	51^{o}	-	750
61	4,1	3,8	II	I/II	o.B.	o.B.	55^{o}	-	760
62	3,3	2,9	I/II	II	AS	AS	-	-	830
63	3,7	2,4	II	I/II	spitzenwärts AS	spitzenwärts AS	-	-	730
64	5,8	5,8	I	I	spitzenwärts AS	spitzenwärts AS	56^{o}	51^{o}	960

Fall	mittlere Bewegungsamplitude		Stumpftyp		Randzackenform		Winkel γ		Herzvolumen
	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastung	nach Belastung	vor Belastg.	nach Belastg.	
65	4,6 mm	3,0 mm	II	II	o.B.	o.B.	46°	-	780
66	3,6	3,1	II	II	o.B.	o.B.	47°	-	900
67	2,3	2,5	II	II	spitzenwärts AS	spitzenwärts AS	-	-	760
68	3,5	3,2	I/II	I/II	spitzenwärts LP	o.B.	49°	50°	760
69	3,1	2,4	II	I/II	o.B.	o.B.	46°	-	610
70	3,4	4,3	I	I	o.B.	o.B.	49°	-	850
71	3,0	2,8	II	I/II	o.B.	o.B.	50°	45°	775
72	2,7	2,6	I/II	I	o.B.	SRZ	51°	-	700
73	3,9	4,3	I/II	I	spitzenwärts LP basiswärts SRZ	o.B.	45°	50°	800
74	4,8	5,2	I/II	II	spitzenwärts LP	o.B.	50°	48°	730
75	3,0	2,4	I/II	I	o.B.	LP	55°	-	775
76	3,4	3,3	II	II	o.B.	spitzenwärts AS	48°	-	1000

Fall	mittlere Bewegungsamplitude		Stumpftyp		Randzackenform		Winkel γ		Herzvolumen
	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastung	nach Belastung	vor Belastg.	nach Belastg.	
77	4,8 mm	4,6 mm	II	II	spitzenwärts LP + AS	spitzenwärts LP + AS	50°	-	800 cm^3
78	3,3	5,2	II	I	o. B.	o. B.	49°	54°	1030
79	2,3	2,1	II	I/II	LP	o. B.	48°	45°	880
80	3,3	3,6	I/II	I/II	LP	spitzenwärts MP	53°	-	690
81	2,3	2,0	II	I/II	Kamelrücken + STZ spitzenwärts	AS + STZ spitzenwärts	50°	-	590
82	4,6	6,1	I	I	o. B.	o. B.	53°	50°	780
83	2,2	2,2	I/II	I/II	SRZ	SRZ	-	-	820
84	2,5	2,3	I/II	II	o. B.	o. B.	42°	-	890
85	3,7	5,1	I/II	I	o. B.	o. B.	57°	51°	880
86	2,7	2,5	II	I/II	o. B.	o. B.	50°	52°	850

Fall	mittlere Bewegungs-amplitude		Stumpftyp		Randzackenform		Winkel δ		Herzvolumen
	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastg.	nach Belastg.	vor Belastung	nach Belastung	vor Belastg.	nach Belastg.	
87	4,0 mm	3,6 mm	II	I/II	spitzenwärts LP	o.B.	57^{o}	51^{o}	785 cm^3
88	3,6	3,3	I	I/II	o.B.	o.B.	46^{o}	53^{o}	880
89	4,1	5,6	I/II	I/II	AS	AS	56^{o}	46^{o}	570

Abkürzungen in den Tabellen:

AS	=	Aufsplitterungen
LP	=	Laterales Plateau
MP	=	Mediales Plateau
SRZ	=	Systolische Refluxzacke
STZ	=	Stumme Zone
SL	=	Systolische Lateralbewegung

1) Die Ergebnisse der Spiroergographie und des Ekg stimmten nicht zwingend überein. Das geht aus folgenden Überlegungen hervor:

Untersuchte Personen	89
Spiroergographie: eingeschr. Leistg.	27
Ekg: pathologischer Befund	16
Übereinstimmung in	8 Fällen

Aufgrund der Anzahl der Aussagen von 27 bzw. 16 bei insgesamt 89 Personen ist eine Häufung von entsprechenden Aussagen bei der gleichen Person in folgendem Ausmaß schon rein zufällig gegeben: von 89 untersuchten Personen hatten 16 ein pathologisches Ekg, also jede 5. Person. Folglich dürfte entsprechend dem Zufall auch jeder 5. der 27 Spiroergographiebefunde mit einem pathologischen Ekg-Befund zusammenfallen. Letzteres wäre demnach in 27/5 also in 5 - 6 Fällen zu erwarten. Bei einer tatsächlichen Übereinstimmung in 8 Fällen kann somit der Tatbestand einer nur zufälligen Häufung der Aussagen von Spiroergographie und Ekg nicht ausgeschlossen werden.

Für das mir zur Verfügung gestellte Untersuchungsmaterial danke ich Herrn Professor Dr. med. G. SCHIMERT (Leiter des Instituts für die Prophylaxe der Kreislaufkrankheiten).

Die Betreuung der Arbeit hatte Herr Dr. J. EBERL, für dessen Anregungen und Unterstützung bei der Literaturbeschaffung ich besonders zu danken habe.

Literaturverzeichnis

1. Gött und Rosenthal — Röntgenkymographie, Münch. Med. Wochenschrift 20 u. 38, (1912)

2. Sabat B. — Über ein Verfahren der röntgenkymogr. Darstellung von Bewegungen des Zwerchfells, des Herzens usw. Iwowski Tygodnik Lekarski 28, 6, (1911)

3. Stumpf Pleikart, Weber H.H., Weltz G.A. — Röntgenkymographische Bewegungslehre innerer Organe, Thieme Verlag Leipzig, (1936)

4. Zdansky E. — Röntgenkymographische Untersuchungen am Herzen, Fortschr. der Röntgenstrahlen 49, H3, (1934)

5. Cignoloni P. — Die Röntgenkymographie mit unterbrochenem Schlitz, Fortschr. der Röntg.str. 49, H 3, (1934)

6. Heckmann K. — Elektrokymographie Berlin - Göttingen - Heidelberg Springer (1959)

7. Kienle F. — Diätbehandlung bei Herzkranken und das Kymogramm, Dresden und Leipzig, Verlag von Steinkopff, (1943)

8. v. Braunbehrens, Reindell, Klepzig, Mußhoff u.a. — Fortschritte der Röntgenstrahlen, 85, 388, (1956)

9. Stumpf P. — Fortschritte der Röntgenstrahlen, 74, 488, (1951)

10. Schilling, K. — Die Anwendung der Flächenkymographie in der Diagnostik der Herzerkrankungen, Fortschritte der Röntgenstrahlen, 47, H 3, (1933)

11. Haubrich R., Odenthal H. — Der Herzinfarkt im Flächen- und Elektrokymogramm, Cardiologia (Basel) 24, 225, (1954)

12. Vogt — Fortschritte der Röntgenstrahlen, 90, 230, (1958)

13. Heckmann K. — Elektrokymographie und Phasenanalyse des Herzens, Fortschr. der Röntgenstrahlen, 76, 60, (1952)

14. Heckmann, K. — Die intraventrikuläre Pulsation und ihr Ausdruck im Elektrokymogramm. Fortschritte der Röntgenstrahlen, 93, (1960)

15. Pressmann A.P. Worronesch — Le kymogramm en dos de chameau, Coeur, 17, H 3, (1933)

16. Stumpf P. — Kontraktile Dysfunktion des Herzens, Fortschritte der Röntgenstr. 74, 488, (1951)

LEBENSLAUF

Am 20. November 1939 wurde ich als zweites Kind des Hoteliers Ludwig Fäßler und seiner Ehefrau Therese, geborene Ströhm, in Schweineberg bei Sonthofen geboren. Von 1945 bis 1949 besuchte ich die Volksschule in Sigishofen und anschließend die Oberrealschule in Oberstdorf, wo ich im Jahre 1959 die Reifeprüfung ablegte.

Im Wintersemester 1959/60 begann ich das Medizinstudium in Tübingen. Dort bestand ich nach zwei Semestern das Vorphysikum und nach drei weiteren das Physikum. Im Anschluß daran studierte ich ein Semester in Genf und noch sechs klinische Semester in München. Dort legte ich am 16. Februar 1966 das medizinische Staatsexamen ab.
Im Oktober 1966 heiratete ich die Gymnastiklehrerin Renate Simon.
Ich befinde mich jetzt im zweiten Jahr meiner Ausbildung als Medizinalassistent.